

学校编码: 10384
学 号: 22220051302385

分类号__密级__
UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

RFID 系统的防冲突算法设计
及其实现方法研究

Design of Anti-collision Algorithm In RFID System
And Its Implementation Study

吴伟贞

指导教师姓名: 黄云鹰 副教授
郭东辉 教授

专 业 名 称: 电路与系统

论文提交日期: 2008 年 6 月

论文答辩时间: 2008 年 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: _____
评 阅 人: _____

2008 年 6 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密（ ），在年解密后适用本授权书。
2. 不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

摘 要

射频识别 (Radio Frequency Identification ,RFID) 技术是近年来发展迅速的非接触式身份识别技术。在 RFID 应用系统中, RFID 标签因其非接触、低功耗和低成本等优势备受瞩目,但它能被大量应用的关键是必须解决多标签数据冲突问题,因此,选择防冲突算法的设计与实现研究作为本论文的工作内容。

本论文首先从数学模型上分析时隙 ALOHA 防冲突算法的实现原理,并对算法方案中的标签数目确定和时隙调整两大关键技术进行深入的研究和探讨,其中重点分析了动态帧时隙防冲突算法和自适应防冲突算法;接着对防冲突算法方案通过 MATLAB 建模进行系统性能仿真分析和比较总结;然后对飞利浦 I-CODE1 芯片的防冲突算法方案进行兑现研究,设计了 PPM 解码电路、CRC 校验电路、时隙产生电路、状态机控制电路等标签的数字电路模块和阅读器的编码模块以及冲突检测模块;最后,对设计进行功能仿真验证,然后使用 ISE 9.1i 进行综合、布局布线,并下载到 XILINX 的 VIRTEX-5 FPGA 上进行系统防冲突的验证。

功能仿真和综合验证结果显示所设计防冲突算法及其兑现方案基本符合要求。本工作的主要创新之处在于:给出防冲突算法的标签预测和帧长调整两大关键步骤的优化实现方案,并设计出可用 FPGA 兑现验证的时隙防冲突算法方案。

关键词: 射频识别; 防冲突算法; FPGA 验证

ABSTRACT

Radio Frequency Identification(RFID) is a contactless identification technology which is developing rapidly in recent years.In RFID application system,RFID tag is of great attention because of its non-contact、 low-power and low-cost advantages,but whether it would be applied largely depend on the solution of multi-tag data collision,so the paper choose to study the design of anti-collision algorithm and its implementation .

The paper first analyze the implementation theory of anti-collision algorithm based on time-slotted aloha from mathematic model, then deep into study and analyze the tag number estimation and frame size adjustment these two key technologies used in project,especially in time-slotted anti-collision algorithm and adaptive adjustment anti-collision algorithm.second, the paper establish models for all algorithm projects in matlab, simulate and analyze the system performance,then compare and sum-up each advantages ;third,in order to implement Philip I-CODE1's anti-collision algorithm,we design many modules in tag such as ppm-decode module、 crc verification module、 slot-generate module、 state control module etc ,and also design ppm-encode module and anti-collision detect module in reader;finally,we put together all modules to see the system performance through function simulation,then use ISE 9.1i to compile、 place-and-route and download into XILINX's virtex-5 fpga to verify whether the system achieve anti-collision.

Through the simulation and verification, the results show that the design of anti-collision algorithm and its implementation basically meet the requirements in our paper. The main innovation in our design is: Give the optimization solution to the tag number estimation and frame size adjustment these two key processes in anti-collision algorithm ,and implement the design of slotted anti-collision algorithm which can be verify in FPGA.

KeyWords: RFID;Anti-collision Algorithm;FPGA Verification

目 录

| | |
|---------------------------------|----|
| 第一章 绪论 | 1 |
| 1.1 RFID 技术现状..... | 1 |
| 1.2 防冲突算法基本思想 | 2 |
| 1.3 关键技术及研究进展 | 3 |
| 1.4 论文工作的主要内容 | 4 |
| 第二章 RFID 系统的基本工作原理..... | 6 |
| 2.1 RFID 系统组成和工作原理..... | 6 |
| 2.2 RFID 系统的编解码技术..... | 7 |
| 2.3 RFID 系统的信息完整技术..... | 9 |
| 2.3.1 CRC 校验简介..... | 9 |
| 2.3.2 按位的 CRC16 计算..... | 10 |
| 2.3.3 按字节的 CRC16 计算..... | 11 |
| 2.4 RFID 系统的防冲突技术..... | 13 |
| 2.4.1 ALOHA 的防冲突算法..... | 13 |
| 2.4.2 二进制搜索算法..... | 15 |
| 2.5 本章小结 | 16 |
| 第三章 ALOHA 防冲突算法的设计与仿真..... | 17 |
| 3.1 防冲突算法的实现原理 | 17 |
| 3.2 算法实现的方案设计 | 20 |
| 3.2.1 动态帧时隙 ALOHA 的方案设计..... | 20 |
| 3.2.2 改进的动态帧时隙 ALOHA 的方案设计..... | 21 |
| 3.2.3 自适应帧时隙 ALOHA 的方案设计..... | 26 |
| 3.3 仿真结果与分析 | 29 |
| 3.3.1 DFSA 仿真 | 29 |
| 3.3.2 改进 DFSA 的仿真 | 30 |
| 3.3.3 Q-Algorithm 仿真..... | 33 |
| 3.3.4 仿真结果比较..... | 34 |
| 3.4 算法实现方案总结 | 36 |
| 3.5 本章小结 | 37 |
| 第四章 RFID 算法方案设计与兑现..... | 38 |
| 4.1 设计性能指标 | 38 |

| | |
|-------------------------|----|
| 4.2 总体设计框图 | 39 |
| 4.3 功能模块的兑现设计 | 41 |
| 4.3.1 PPM 解码模块设计 | 41 |
| 4.3.2 CRC 校验模块设计 | 43 |
| 4.3.3 状态机设计 | 45 |
| 4.3.4 时隙产生模块设计 | 49 |
| 4.3.5 Quit 产生模块设计 | 51 |
| 4.3.6 发送编码模块设计 | 52 |
| 4.3.7 定时器模块设计 | 53 |
| 4.4 本章小结 | 55 |
| 第五章 系统仿真与 FPGA 验证 | 56 |
| 5.1 功能模块仿真 | 56 |
| 5.2 系统功能仿真 | 58 |
| 5.3 系统综合结果 | 61 |
| 5.4 FPGA 验证 | 63 |
| 5.4.1 验证结构框图及流程 | 64 |
| 5.4.2 系统验证结果 | 66 |
| 5.5 本章小结 | 71 |
| 第六章 总结与展望 | 72 |
| 参考文献: | 73 |
| 致谢 | 77 |
| 附录 | 78 |

CONTENTS

| | |
|---|-----------|
| Chapter 1 Exordium | 1 |
| 1.1 Research status of RFID technology | 1 |
| 1.2 Basic theory of anti-collision algorithm | 2 |
| 1.3 Key technologies and their development | 3 |
| 1.4 Main contents in this paper..... | 4 |
| Chapter 2 The basic principle of RFID system | 6 |
| 2.1 The composition and work principle of RFID system | 6 |
| 2.2 Codec technology in RFID system..... | 7 |
| 2.3 Information integrity technology in RFID system..... | 9 |
| 2.3.1 Brief introduction of CRC verification | 9 |
| 2.3.2 CRC16 calculate by bit | 10 |
| 2.3.3 CRC16 calculate by byte | 11 |
| 2.4 Anti-collision technology in RFID system..... | 13 |
| 2.4.1 Anti-collision algorithm based on ALOHA | 13 |
| 2.4.2 Binary search algorithm..... | 15 |
| 2.5 Section conclusion | 16 |
| Chapter 3 Design and simulation of aloha anti-collision algorithm..... | 17 |
| 3.1 The principle of anti-collision algorithm implementation..... | 17 |
| 3.2 Project design of algorithm implementation | 20 |
| 3.2.1 Project design of DFSA | 20 |
| 3.2.2 Project design of improved DFSA | 21 |
| 3.2.3 Project design of adaptive adjustment DFSA | 26 |
| 3.3 Simulation results and analyse..... | 29 |
| 3.3.1 DFSA simulation..... | 29 |
| 3.3.2 Improved DFSA simulation | 30 |
| 3.3.3 Q-Algorithm simulation..... | 33 |
| 3.3.4 Simulation results compare | 34 |
| 3.4 Sum-up of algorithm implementation..... | 36 |
| 3.5 Section conclusion | 37 |
| Chapter 4 Design and implementation of RFID algorithm project | 38 |
| 4.1 Performance requirements in the design | 38 |
| 4.2 Framework of overall design | 39 |
| 4.3 Implementation design of function module | 41 |

| | |
|---|-----------|
| 4.3.1 PPM decode module design..... | 41 |
| 4.3.2 CRC verification module design..... | 43 |
| 4.3.3 State machine desgin..... | 45 |
| 4.3.4 Slot generate module design | 49 |
| 4.3.5 Quit generate module design | 51 |
| 4.3.6 Coding sent module design..... | 52 |
| 4.3.7 Timer module design..... | 53 |
| 4.4 Section conclusion | 55 |
| Chapter 5 System simulation and FPGA verification..... | 56 |
| 5.1 Function module simulation..... | 56 |
| 5.2 System function simulation | 58 |
| 5.3 System synthesis results..... | 61 |
| 5.4 FPGA verification | 63 |
| 5.4.1 Framework and process of verification..... | 64 |
| 5.4.2 System verification results | 66 |
| 5.5 Section conclusion | 71 |
| Chapter 6 Summary and Prospect | 72 |
| References:..... | 73 |
| Acknowledgements | 77 |
| Appendix..... | 78 |

第一章 绪论

1.1 RFID 技术现状

无线射频识别 (RFID) 技术是本世纪很有发展前途的信息技术之一。从 2003 年全球最大零售商沃尔玛宣布采用 RFID 电子标签和美国国防部开始大力推进 RFID 的应用以来, 世界各国政府和企业都在大力进行 RFID 技术及相关应用方面的研究。目前制约 RFID 技术发展的因素主要在于标准、芯片、成本、天线、信息安全等方面, 各国对 RFID 的研究也主要围绕这些方面展开。

从标准方面上看, RFID 标准主要涉及到以下几个方面: 空中接口规范、物理特性、读写器协议、编码体系、测试规范、应用规范、数据管理和信息安全等^[1]。美国和欧洲一些国家很早就建立标准, 使得这些国家在 RFID 的软硬件开发和应用都走在世界的前列。中国在标准建立方面则迟迟未出, 主要因为我国 RFID 的使用频率尚未完全开放、RFID 产业核心技术缺失和实际应用的规模小^[2]。近年来, 国家也在积极加快标准的制订, 在 2006 年发布了《中国 RFID 技术政策白皮书》, 在 2007 年出台了《880/900MHZ 频段射频识别 (RFID) 技术应用规定 (试行)》的通知。中国 RFID 标准体系架构的研究工作基本完成, 这对我国 RFID 产业的发展必将起到极大的促进作用。

从 RFID 芯片设计方面上看, 低频和高频频段的 RFID 技术已很成熟, 该频段的 RFID 芯片用于各个领域。国外厂商拥有高低频 RFID 芯片的生产和设计的绝对优势, 只有近年来在以复旦微电子、上海华虹、清华同方等为代表的中国集成电路厂商攻克了相关技术之后才打破这种统治地位^[3]。超高频频段的 RFID 技术由于可远距离、快速识别等优势在目前备受关注, IBM、HP、Sun、BEA 等各大厂商都大力进行超高频 RFID 技术的研究^[4]。2006 年业内知名标签制造商芬兰 Wisteq 公司推出无源的 RFID 超高频标签^[5], 克服了超高频标签易受金属或液体的影响; 2008 年日本富士通发布全球首个超高频 RFID 标签^[6], 该标签不仅支持多种频段, 而且可实现零件全球可追踪性。目前只有 TI、Impinj 和飞利浦半导体等少数几家供应商可以提供 Gen 2 芯片, 而中国企业在超高频频段的 RFID 产品上的研究则远落后于国外企业。深圳远望谷科技、江苏瑞福智能科技以及深圳先施科技等在超高频上虽取得了一定的研究进展, 但由于超高频频段的 RFID 芯片设计中像

天线、功耗、调制解调、防冲突等关键技术尚未取得突破性进展^[4]，到目前为止还没有完全自主产权的超高频 RFID 产品。

目前，RFID 的应用领域不断扩大，RFID 技术的研究也出现加速的趋势。TI 公司在 RFID 芯片前端采用新的工艺，使芯片在尺寸和功率效率方面都提高了一个层次^[7]。同时，TI 还与 impinj、Certicom 合作提升 RFID 系统的安全性能。飞利浦公司也建立 RFID 芯片新的生产线，并和索尼公司合作，加强关键技术解决方案的合作力度。新的应用不断推进 RFID 技术的进阶，如将阅读器芯片植入手机、将蓝牙技术与 RFID 技术结合^[7]、将 RFID 与 IPV6 结合^[8]等。国内企业应该加大与国际领先 RFID 企业合作如深圳先施科技与 2007 年 9 月加入了 EPCglobal China，加大在 RFID 关键技术问题上的研究，发展具有自主知识产权的 RFID 芯片。RFID 芯片中防冲突算法等关键技术问题都是目前研究的热点。

1.2 防冲突算法基本思想

RFID 应用系统^[9]主要是由 RFID 标签、标签阅读器及相应的计算机系统组成的。当系统要阅读现场贴有 RFID 标签的对象时，系统由标签阅读器向 RFID 标签发送特定频率的电磁波，RFID 标签经电磁波的触发将内部存储的身份识别码信息送出，这样系统通过标签阅读器识别货物并进行相应的信息处理。但是，如果有多个 RFID 标签接收到电磁波并同时发送信息，则标签阅读器接收到的信号就会互相干扰，不可避免地出现标签阅读冲突问题^[9]。为了防止这些冲突的产生，RFID 系统就需要设置一定的相关命令来解决冲突问题，这些命令就被称为防冲突算法。

在无线电技术中，多个 RFID 标签同时响应一个阅读器的方式又称作是多路存取技术^[9]。多路存取技术发展至今有许多解决冲突的方法，基本上分为以下 4 种：频分多路法（FDMA, Frequency Division Multiple Access）、空分多路法（SDMA, Space Division Multiple Access）、码分多路法（CDMA, Code Division Multiple Access）和时分多路法（TDMA, Time Division Multiple Access）。由于 RFID 标签芯片的设计不仅要求功耗要低而且其内部有限的内存与计算能力要求算法设计不能太复杂^[9]，诸多限制致使系统一般使用的防冲突算法都采用时分多路法（TDMA）。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库